

mgr inż. LIDIA ORŁOWSKA
mgr inż. SŁAWOMIR BIZOŃ
mgr inż. DANIEL ZEJMA
KAZIMIERZ ŚWIERK
Finnveden Metal Structures

Sposoby obniżenia poziomu drgań miejscowych w Finnveden Metal Structures

Rozwiązanie nagrodzone w XXXVII edycji Ogólnopolskiego Konkursu Poprawy Warunków Pracy

W artykule przedstawiono pomiary czynnika szkodliwego występującego w procesach technologicznych w przemyśle samochodowym: są to drgania mechaniczne działające na organizm przez kończyny górne, tzw. wibracje miejscowe. Pomiary wykonane w Finnveden Metal Structures na stanowisku czyszczacza odlewów wykazywały znaczne przekroczenia dopuszczalnych wartości (wartości NDN). Po przeprowadzeniu oceny ryzyka zawodowego podjęto działania profilaktyczne i rozwiązania, które funkcjonują od czerwca 2009 r.

Dzięki zastosowaniu odpowiednich modyfikacji narzędzi pneumatycznych, udało się obniżyć poziom drgań mechanicznych działających na organizm człowieka przez kończyny górne poniżej wartości NDN. Ryzyko zachorowania na chorobę zawodową, tzw. zespół wibracyjny, zostało w ten sposób znacznie zmniejszone.

Means of decreasing the level of local vibration in Finnveden Metal Structures

This article presents measurements of a harmful agent present in technological processes in car manufacturing: hand-arm vibrations, otherwise known as local vibrations. Measurements conducted in Finnveden Metal Structures at the workstation of a founding scourer showed that Maximum Admissible Intensities (MAI) were significantly exceeded. After occupational risk was assessed, preventive measures and solutions were implemented; they have been in place since June 2009.

Thanks to modifications of pneumatic devices it was possible to reduce the level of hand-arm vibrations to a level that does not exceed MAI values. The risk of an occupational disease called the vibration syndrome has therefore been significantly reduced.

Wstęp

Jednym z głównych czynników szkodliwych występującym w procesach technologicznych w przemyśle samochodowym, są – obok hałasu – drgania mechaniczne działające na organizm przez kończyny górne, tzw. drgania miejscowe.

Pomiary tego czynnika, wykonane w firmie Finnveden Metal Structures na stanowisku czyszczacza odlewów wykazywały znaczne przekroczenia dopuszczalnych wartości (wartości NDN) [1].

Po przeprowadzeniu oceny ryzyka zawodowego, w której aktywnie uczestniczyli pracownicy szlifujący i gradujący odlewy magnezowe, okazało się, że zagrożeniem wymagającym wprowadzenia natychmiastowych działań profilaktycznych jest zbyt wysoki poziom drgań mechanicznych, działających na organizm człowieka przez kończyny górne. Działania profilaktyczne podjęto jednocześnie w kilku kierunkach. Najlepszym rozwiązaniem okazały się:

– w przypadku szlifierek pneumatycznych: dodatkowe, odpowiednio dobrane osłony antywibracyjne, zakładane na korpus szlifierki

– w przypadku pilnika pneumatycznego, wymiana obudowy korpusu pilnika i zastosowanie dodatkowego uchwytu zmieniającego sposób trzymania pilnika.

Rozwiązania te funkcjonują od czerwca 2009 roku, są dobrze oceniane przez pracowników.

Charakterystyka stanowiska pracy czyszczacza odlewów

Głównym zadaniem pracowników zatrudnionych w Finnveden Metal Structures na stanowiskach czyszczaczy odlewów jest usuwanie niepożądanych wypyłek powstałych w procesie odlewania przez szlifowanie i gradowanie odlewów magnezowych. Ze względu na właściwości palne magnezu (substancja niebezpieczna o numerze indeksowym 012-002-00-9), z którego wytwarzane są odlewy, do tego celu używane są tylko narzędzia pneumatyczne, tj. szlifierki kątowe oraz pilniki pneumatyczne.

Podczas szlifowania i gradowania odlewów obowiązuje zaostrzony reżim higieniczny: pracownicy w ciągu zmiany kilkakrotnie usuwają pył magnezowy zarówno ze swoich

ubrań, jak i stanowiska pracy. Stanowiska pracy umieszczone są przy wentylowanych stołach szlifierskich z dolnym odciąganiem i górnym nadmuchem.

Ocena ryzyka zawodowego

Dla stanowiska czyszczacza odlewów przeprowadzono ocenę ryzyka zawodowego metodą *Risk Score* [2], analizując kolejno wszystkie czynności wykonywane przez pracownika i wychwytyjąc zagrożenia im towarzyszące. W ocenie ryzyka zawodowego aktywnie uczestniczyli pracownicy, których uwagi pozwoliły kompleksowo ocenić stanowisko pracy.

Zagrożeniem nieakceptowalnym był zbyt wysoki poziom drgań mechanicznych, działających na organizm człowieka przez kończyny górne. Jego skutkiem mogłyby być zmiany chorobowe w układzie krążenia krwi oraz nerwowym i kostno-stawowym, a w konsekwencji choroba zawodowa, tzw. zespół wibracyjny [3].

Mimo że wcześniejszy dobór narzędzi używanych do procesu czyszczenia odlewów był poprzedzony długotrwałymi testami,

Tabela 1. Wyniki pomiarów poziomu drgań mechanicznych, emitowanych przez szlifierkę kątową i pilnik pneumatyczny, działających na organizm człowieka przez kończyny górne – przed podjęciem działań naprawczych [4]

Table 1. Results of measurement of mechanical vibrations emitted by grinder and pneumatic file, affecting human organism via hand-arm vibrations – before repairs

Nazwa urządzenia pneumatycznego	Wyniki pomiarów z dn. 28.01.2008	Wyniki pomiarów z dn. 09.05.2008
Szlifierka kątowna pneumatyczna	$t_e = 360 \text{ min}^{1)}$ $A(8) = 6,3 \text{ m/s}^2$ ²⁾ $K_r = 2,26$ ³⁾	$t_e = 300 \text{ min}$ $A(8) = 6,33 \text{ m/s}^2$ $K_r = 2,26$
Pilnik pneumatyczny	$t_e = 300 \text{ min}$ $A(8) = 9,8 \text{ m/s}^2$ $K_r = 3,5$	$t_e = 300 \text{ min}$ $A(8) = 6,82 \text{ m/s}^2$ $K_r = 2,43$

1) t_e – czas ekspozycji

2) $A(8)$ – dzienna ekspozycja na drgania mechaniczne

3) K_r – krotność wartości NDN – wartości dopuszczalnej dziennej ekspozycji wyrażonej jako równoważny dla 8 godzin wartości sumy wektorowej skorygowanych częstotliwościowo wartości przyspieszenia drgań wyznaczonych dla trzech zakładowych kierunkowych a_{wvxr} , a_{hwyt} , a_{hwz} ; $A(8)_{\text{dop}} = 2,8 \text{ m/s}^2$

szczególnie uwzględniającymi jakość wykonania, długość bezawaryjnej pracy narzędzia oraz komfort pracy, przeprowadzone pomiary wykazały znaczne przekroczenie wartości dopuszczalnych (NDN) drgań (tab. 1.), [1].

Postanowiono podjąć próbę rozwiązania tego problemu, podejmując następujące działania:

- kontynuowano dobór i testy narzędzi
- wyposażono pracowników w odpowiednio dobrane rękawice antywibracyjne (fot. 1 i 2.)

– zwrócono się do Zakładu Wibroakustyki Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego z prośbą o pomoc w znalezieniu właściwej drogi postępowania.

Okazało się, że praca w rękawicach antywibracyjnych była dla pracowników niewygodna i uciążliwa, załoga stawiała duży opór i nie chciała stosować tego środka ochrony indywidualnej. Jako powód podawano fakt, że używane przez pracowników urządzenia pneumatyczne są małych rozmiarów, a prace wymagają precyzji.

Pomiary badanych obiektów (pneumatyczna szlifierka kątowna, pilnik pneumatyczny) na stanowisku pracy oczyszczacza odlewów podczas szlifowania nagarów i usuwania nadlewów wykazały, że dzienna ekspozycja na drgania wynosi: dla szlifierki kątownej $A(8) = 6,33 \text{ m/s}^2$, dla pilnika pneumatycznego $A(8) = 6,82 \text{ m/s}^2$, czyli znaczne przekracza dopuszczalną wartość $A(8)_{\text{dop}} = 2,8 \text{ m/s}^2$.

Obniżenie poziomu drgań mechanicznych działających na organizm człowieka przez kończyny górne

Po konsultacjach z ekspertami Instytutu podjęto próby obniżenia poziomu drgań mechanicznych poprzez:

- zastosowanie zaworu dławiącego – rozwiązanie to miało umożliwić dobranie optymalnego zapotrzebowania ciśnienia powietrza dla konkretnego narzędzia pneumatycznego (fot. 3.). Wykonano pomiary drgań mechanicznych w zależności od zastosowanego zapotrzebowania powietrza. W trakcie tych testów



Fot. 3. Zawór dławiący
Photo 3. Choke valve

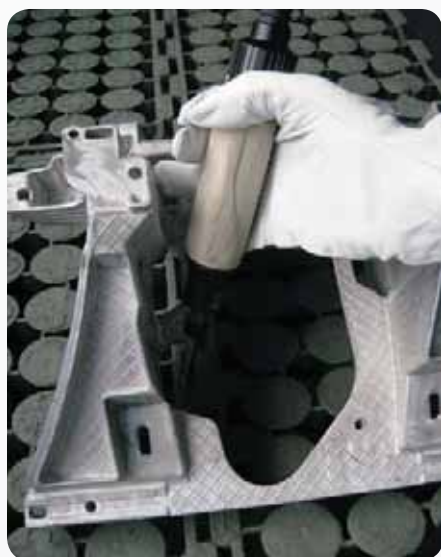


Fot. 4. Głowica mocująca
Photo 4. Fixing head

badano również wpływ różnych typów głowic mocujących papier ścierny (fot. 4.);

- założenie osłon antywibracyjnych na korpus narzędzia pneumatycznego.

Po licznych próbach, w przypadku szlifierki kątownej najwłaściwszym rozwiązaniem okazały się osłony zakładane na korpus szlifierek, zaprojektowane i wykonane przez firmę Orpel (fot. 5.).



Fot. 1. Gradowanie w rękawicy roboczej
Photo 1. Deburring in working glove



Fot. 2. Gradowanie w rękawicy antywibracyjnej
Photo 2. Deburring in anti-vibration glove



Fot. 5. Szlifierka kątowna z osłoną
Photo 5. Grinder with cover

Tabela 2. Wyniki pomiarów poziomu drgań mechanicznych, emitowanych przez szlifierkę kątową, działających na organizm człowieka przez kończyny górne – po podjęciu działań naprawczych [4]

Table 2. Results of measurement of mechanical vibrations emitted by grinder, affecting human organism via hand-arm vibrations – after repairs

Nazwa urządzenia pneumatycznego	Wyniki pomiarów z dn. 08.09.2008	Wyniki pomiarów z dn. 06.03.2009
Szlifierka kątowna pneumatyczna z osłoną	$t_e = 200$ min $A(8) = 3,3$ m/s ² $K_r = 1,19$	$t_e = 184$ min $A(8) = 2,6$ m/s ² $K_r = 0,94$
Szlifierka kątowna pneumatyczna bez osłony	$t_e = 200$ min $A(8) = 5,9$ m/s ² $K_r = 2,1$	

Dzięki zastosowaniu osłony na korpus szlifierki, a także ograniczeniu czasu szlifowania (wprowadzenie dodatkowych funkcji okrojników na prasach) udało się zmniejszyć (do wartości poniżej NDN, tab. 2.) poziom drgań mechanicznych działających na organizm człowieka przez kończyny górne w trakcie procesu szlifowania odlewów.

O ile stosunkowo łatwo i szybko udało się obniżyć do poziomu akceptowalnego drgania emitowane przez szlifierkę kątową, było to znacznie trudniejsze w przypadku pilnika pneumatycznego. Najpierw podjęto próbę zastosowania zaworu dławiącego. Wykonano dwa pomiary sprawdzające poziom drgań, przy ustawieniu reduktora na minimum i maximum. Niestety różnice w poziomie drgań mechanicznych działających na organizm człowieka przez kończyny górne były niewielkie. Kierując się wytycznymi przedstawionymi przez CIOP-PIB, zaczęto we własnym zakresie eksperymentalnie wykonywać osłony na korpus pilnika.

Pomiary kontrolne poziomu drgań mechanicznych działających na organizm człowieka przez kończyny górne podczas gradowania odlewów wykazały znacznie mniejsze wartości drgań na rękocyściach pilnika z zastosowaną osłoną. Poziom tych drgań był jednak różny i zależał od gradowanego detalu, stopnia zużycia pilnika, a także od pracownika wykonującego te operacje. Ze względu na różnorodność produkowanych odlewów, nie mogliśmy przyjąć podczas pomiarów jednakowego czasu ekspozycji. Czas ten jest uzależniony od aktualnie produkowanego odlewu. Na przykład: gradowanie odlewu SCF CD 345 LHD zajmuje średnio 17 s, pracownik w ciągu zmiany wykonuje 528 szt., czyli łączny czas jego narażenia wynosi 150 minut, a w przypadku odlewu SCF CD 345RHD łączny czas wynosi 200 minut.

Nie udało się jednak obniżyć poziomu drgań mechanicznych poniżej NDN.

Kontynuowano więc poszukiwania optymalnego rozwiązania. Prace prowadzono w dwóch kierunkach: pierwszym było obniżenie czasu narażenia pracownika przez poprawienie jakości odlewu schodzącego z linii produkcyjnej, a drugim obniżenie poziomu drgań mechanicznych na rękocyściach pilnika.

Kolejna osłona (fot. 6.) wykonana została z kawałka aluminiowej rurki, dwóch o-ringów*, kawałka gumy antywibracyjnej oraz taśmy klejącej (przemysłowej). Aluminiowa rurka została

* O-ring – rodzaj uszczelki w kształcie pierścienia o przekroju kołowym. Pierścienie o-ring wulkanizowane są w dowolnych wymiarach określonych odpowiednią normą. Wymiary średnicy sznura zawierają się w przedziale od około 0,35 do 12 mm, natomiast wymiary średnicy wewnętrznej wynoszą do 5000 mm.



Fot. 6. Pilnik z nową osłoną

Photo 6. Pneumatic file with cover



Fot. 7. Pilnik z uchwytem

Photo 7. Pneumatic file with handle



Fot. 8. Pilnik z nową osłoną i drewnianym uchwytem

Photo 8. Pneumatic file with new cover and wooden handle

oklejona gumą antywibracyjną przy pomocy taśmy klejącej przemysłowej, następnie nasunięta na pilnik i umieszczona pomiędzy dwoma o-ringami w taki sposób, aby miała możliwość swobodnego przemieszczania się podczas pracy pilnika na długości ok. 10 mm.

W tym wypadku inwencją wykazali się sami pracownicy. Brygadzieta jednej ze zmian zaproponował dodatkowy uchwyt. Początkowo był to zwykły kawałek drewna przyklejony do rękocyści (fot. 7.).

Sam uchwyt założony na rękocyść pilnika nie spełnił jednak naszych oczekiwań. Zamontowano go więc na udoskonaloną, testowaną wcześniej ruchomą osłonę i dopiero to rozwiązanie pozwoliło obniżyć poziom drgań mechanicznych poniżej NDN.

W tym rozwiązaniu, do swobodnie poruszającej się aluminiowej rurki przymocowano drewniany uchwyt (trzonek z młotka warsztatowego), (fot. 8.).

W ostatecznym rozwiązaniu zamieniono uchwyt drewniany na profesjonalną rączkę

(fot. 9.), co poprawiło również komfort pracy oczyszczacza odlewów, dzięki jej bardziej ergonomicznemu kształtowi.

Wartości ekspozycji na drgania działające przez kończyny górne na operatorów badanych narzędzi uzależnione są od wielu czynników, takich jak czas i sposób pracy (indywidualne cechy operatora), stan techniczny urządzenia.

W celu uzyskania pewności, że proponowana rączka obniża poziom drgań mechanicznych, wykonano trzy serie pomiarów, wszystkie na tym samym pilniku, obsługiwanym przez tego samego pracownika gradującego ten sam odlew (wyniki pomiarów przedstawiono w tab. 3.). Do pomiarów celowo użyto pilnika testowego, tj. pilnika eksploatowanego długo i kwalifikującego się już do przeglądu oraz regeneracji w serwisie. Przy dużych wartościach przyspieszeń drgań emitowanych przez takie urządzenie sprawdzenie skuteczności zastosowanego rozwiązania było znacznie łatwiejsze. Normalnie pilniki w takim stanie nie są już wydawane pracownikom, lecz odsyłane do serwisu.

Opinie i subiektywne odczucia pracowników

Opracowane metody ograniczania drgań wdrożono 15 czerwca 2009 r. na stanowisku oczyszczacza odlewów. Pół roku po wprowadzeniu dodatkowych osłon na szlifierki pneumatyczne oraz modernizacji obudowy i wyposażeniu pilnika pneumatycznego w dodatkowy

Tabela 3. Wyniki pomiarów poziomu drgań mechanicznych emitowanych przez pilnik, działających na organizm człowieka przez kończyny górne [4]

Table 3. Results of measurement of mechanical vibrations emitted by pneumatic file, affecting human organism via hand-arm vibrations

Nazwa urządzenia pneumatycznego	Wyniki pomiarów (pilnik normalnie eksploatowany)	Wyniki pomiarów (pilnik testowy)
Pilnik pneumatyczny z osłoną i dodatkowym uchwytem	$t_e = 200 \text{ min}$ $A(8) = 2,6 \text{ m/s}^2$ $K_f = 0,92$	$t_e = 200 \text{ min}$ $A(8) = 2,9 \text{ m/s}^2$ $K_f = 1,04$
Pilnik pneumatyczny z osłoną		$t_e = 200 \text{ min}$ $A(8) = 3,4 \text{ m/s}^2$ $K_f = 1,22$
Pilnik pneumatyczny bez osłony		$t_e = 200 \text{ min}$ $A(8) = 5,5 \text{ m/s}^2$ $K_f = 2,2$

uchwyt, przeprowadzono wśród pracowników ankietę. Zawarte w ankiecie pytania dotyczyły głównie odczuć pracowników związanych z wprowadzonymi usprawnieniami.

Opinie pracowników były pozytywne: prawie wszyscy stwierdzili, że odczuwają różnicę po wprowadzeniu usprawnień i obecnie praca jest dla nich bardziej komfortowa.

Cała załoga stwierdziła, że trudno byłoby im teraz pracować szlifierką bez założonej osłony.

W przypadku pilnika pneumatycznego nie wszyscy potrafili jeszcze przystosować się do nowego sposobu pracy tym narzędziem. Większość pracowników pozytywnie oceniła jednak pilnik z dodatkową osłoną założoną w miejsce obudowy i obniżającą poziom drgań

mechanicznych działających na organizm człowieka przez kończyny górne.

Przeważająca część załogi doceniła także dodatkowy uchwyt, a szczególnie jego bardziej ergonomiczny kształt. Duże znaczenie miało to dla kobiet, których dłoń jest mniejsza i trzymanie pilnika za korpus nie było dla nich zbyt komfortowe (fot. 10.).

Ograniczenia poziomu drgań mechanicznych działających na organizm człowieka przez kończyny górne

Zastosowanie dodatkowych osłon antywibracyjnych na szlifierki oraz osłony wraz z uchwytem na pilnik pneumatyczny spowodowało znaczne obniżenie poziomu drgań mechanicznych działających na organizm człowieka przez kończyny górne, co przedstawiono w tab. 4.

Efektom końcowym prac było obniżenie poziomu drgań poniżej wartości normatywnej [1]. Poprawiło to znacznie warunki pracy na stanowisku oczyszczania odlewów. Obecnie pracownicy Finnveden Metal Structures mogą się czuć bezpieczniej – ryzyko rozwoju choroby zawodowej, tzw. zespołu wibracyjnego, spowodowanego nadmierną ekspozycją na drgania mechaniczne zostało znacznie ograniczone.

Podsumowanie

Na stanowisku oczyszczacza odlewów w trakcie wykonywania czynności gradowania i szlifowania, dzięki zastosowaniu odpowiednich modyfikacji narzędzi pneumatycznych (szlifierki, pilnika) udało się obniżyć poziom drgań mechanicznych działających na organizm człowieka przez kończyny górne poniżej wartości dopuszczalnych (wartości NDN). Będzie to miało niewątpliwie wpływ na zdrowie pracowników Finnveden Metal Structures, gdyż ryzyko zachorowania na chorobę zawodową, tzw. zespół wibracyjny, zostało znacznie zmniejszone. Pracownicy są zadowoleni, a zdecydowana większość



Fot. 9. Pilnik z nową osłoną i profesjonalną rączką
Photo 9. Pneumatic file with new cover and professional handle



Fot. 10. Sposób gradowania przed i po modernizacji
Photo 10. Means of deburring before and after modernization

Tabela 4. Wyniki pomiarów poziomu drgań mechanicznych działających na organizm człowieka przez kończyny górne po wdrożeniu metod ograniczających drgania wobec obu rodzajów urządzeń [4]

Table 4. Results of measurement of mechanical vibrations affecting human organism via hand-arm vibrations after the reduction of the level of hand-arm vibrations in regard of both devices [4].

Nazwa urządzenia	Wibracje – dane producenta [5]	NDN	Wyniki pomiarów przed modernizacją	Wyniki pomiarów po modernizacji
Szlifierka kątowna pneumatyczna	0,97 m/s ²	A(8) = 2,8 m/s ² 11,2 m/s ² -eksp.krót.	A(8) = 6,33 m/s ² a _{hwx} = 0,97 m/s ² a _{hwxy} = 1,96 m/s ² a _{hwz} = 7,7 m/s ² a _{hw} = 7,3 m/s ² t = 300 min	A(8) = 2,6 m/s ² a _{hwx} = 1,79 m/s ² a _{hwxy} = 3,65 m/s ² a _{hwz} = 1,3 m/s ² a _{hw} = 4,3 m/s ² t = 184min
Pilnik pneumatyczny	3,1 m/s ²	A(8) = 2,8 m/s ² 11,2 m/s ² -eksp.krót.	A(8) = 9,8 m/s ² a _{hwx} = 4,03 m/s ² a _{hwxy} = 4,03 m/s ² a _{hwz} = 11 m/s ² a _{hw} = 12,4 m/s ² t _e = 240 min	A(8) = 2,6 m/s ² a _{hwx} = 1,42 m/s ² a _{hwxy} = 1,77 m/s ² a _{hwz} = 3,27 m/s ² a _{hw} = 4,0 m/s ² t _e = 200 min

z nich nie wyobraża sobie powrotu do szlifowania narzędziami bez wprowadzonych usprawnień.

Efekt finansowy jest trudny do wyliczenia, ponieważ trudno określić, u ilu osób i kiedy zaczęłyby występować dolegliwości związane z nadmiernym poziomem drgań mechanicz-

nych działających na organizm ludzki przez kończyny górne.

Wszelkie wprowadzane zmiany są przyjmowane przez pracowników na ogół z oporem. W tym przypadku zastosowanie osłony antywibracyjnej na szlifierkę zostało przyjęte przez pracowników wręcz entuzjastycznie. Trudniej

było wprowadzić zmiany na stanowisku gradowania za pomocą pilnika, gdyż wymagało to zmiany sposobu trzymania pilnika. Pracownicy zmiany produkcyjnej, na której rozwiązanie zostało wdrożone po raz pierwszy, po początkowych negatywnych odczuciach przestawili się już całkowicie na nowy sposób gradowania odlewów i oceniają go pozytywnie.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (DzU nr 217, poz. 1833 ze zm.)
- [2] Ocena ryzyka zawodowego Finnveden Metal Structures, stanowisko: kontroler jakości – oczyszczacz odlewów z marca 2008 r.
- [3] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 czerwca 2009 r. w sprawie chorób zawodowych (DzU nr 105, poz. 869)
- [4] Sprawozdania z badań środowiska pracy z lat 2008-2009 zleconych przez Finnveden Metal Structures
- [5] Informacja o produkcie – Univar Poland Sp. z o.o.

BLACK-OUT®



Wysokiej jakości i skuteczności pasta BHP do mycia rąk na trudno usuwalne zabrudzenia



- skutecznie zmywa smary, sadze, oleje techniczne, smoły, tłuszcze, farby, asfalty, ścierniwa
- polecamy do stosowania w przemyśle stoczniowym, metalurgicznym, farb i lakierów, maszynowym, w warsztatach samochodowych, mechanicznych, lakierniczych, do ogólnych prac domowych oraz na działce

Producent:



„FREGATA” S.A.

ul. Grunwaldzka 497
80-309 Gdańsk
tel. (058) 552 00 27 do 29
www.fregata.gda.pl

Wyłączny przedstawiciel handlowy:



ul. Grunwaldzka 497
80-309 Gdańsk
tel. (058) 554 18 12
www.agro.gda.pl